

# Uma Ferramenta de Apoio a Decisão para Planejamento Militar

Rafael Moreira Savelli<sup>1</sup>  
Roberto de Beauclair Seixas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio  
Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica – TECGRAF  
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Rio de Janeiro, RJ – 22453-900  
[{savelli,tron}@tegraf.puc-rio.br](mailto:{savelli,tron}@tegraf.puc-rio.br)

<sup>2</sup>Instituto de Matemática Pura e Aplicada – IMPA  
Laboratório de Visualização e Computação Gráfica – VISGRAF  
Estrada Dona Castorina, 110 – Rio de Janeiro, RJ – 22460-320  
[tron@impa.br](mailto:tron@impa.br)

**Abstract:** This work presents a system of a decision-making tool to Military Planning Process (PPM) for Brazilian Marines based in graph theory. Such graph uses capital accidents (AC) as vertex and access ways (VAs) as edges. Given some terrain features and troops displacement around this terrain, we must analyze and compare VAs between ACs in order to find out the best action role (LA) to move the troops thru operation areas (AOp).

## 1. Introdução

O *processo de planejamento militar* (PPM) é uma tarefa árdua para os Oficiais Fuzileiros Navais. Planejar uma boa rota ou uma boa *linha de ação* (LA) para os seus grupos de desembarque não é trivial. O Oficial Fuzileiro Naval deve estar sempre atento a vários fatores relevantes a um PPM como objetivos a serem atingidos, elevações e propriedades intrínsecas ao terreno, a possível presença de inimigos, o espaço disponível para suas manobras, a viabilidade de pedir apoio de fogo, dentre muitos outros [1]. Por isso, em meio de tantas variáveis e dados, o Oficial tende a se confundir na hora de ponderar esses dados, escolhendo uma LA não muito boa.

Na tentativa de amenizar toda essa complexidade de informações, se fez necessário criar uma ferramenta a qual buscasse tais informações para os Oficiais de maneira precisa, rápida e simples. Tal ferramenta recebeu o nome de *Ferramenta de Apoio a Decisão* (FAD) [2]. Esta aplicação ajuda na elaboração do PPM informando em tempo real, os dados que o Oficial precisa. Ela serve para realizar diversos cálculos, exibindo seus dados e informações de maneira numérica ou gráfica.

Tais cálculos baseiam-se, em sua maioria, nos algoritmos que envolvem grafos, pois essa foi a melhor forma de representarmos a disposição dos *Acidentes Capitais* (AC) e das suas *Vias de Acessos* (VA) pela *área de operação* (AOp) escolhida para o exercício. Para tal, cada AC foi atribuído a um nó do grafo enquanto cada VA foi associada a uma aresta. Com esse grafo montado computacionalmente, incrementado com algoritmos matemáticos avançados nas áreas de teoria dos grafos e de computação gráfica, resolvemos diversas questões essenciais que auxiliam ao PPM [3].

## **2. O Processo de Planejamento Militar (PPM)**

Para estudar uma dada missão o comandante de um escalão segue um processo de planejamento militar (PPM) constituído de etapas e fases bem definidas.

- **EXAME DA SITUAÇÃO:** Análise dos fatores da situação para chegar à decisão;
- **DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE AÇÃO:** Demonstração de como a decisão será posta em execução e a **ELABORAÇÃO DA DIRETIVA:** Formalização da decisão sob a forma de documento;
- **CONTROLE DA AÇÃO PLANEJADA:** Assegura que a operação se desenvolva como planejado e a revisa, se necessário.

A etapa de **EXAME DA SITUAÇÃO** consiste de uma extensa coleta de dados, seguida de uma análise sistemática que envolve a missão, o inimigo, o terreno, os meios e o tempo disponível; informações que o comandante leva em consideração para tomar suas decisões.

A missão já deverá ter sido estudada pelo comandante e alguns dados relevantes para nosso trabalho serão inseridos no sistema (objetivos, valor de tropa e tempo limite para a chegada nos objetivos, entre outros), através de uma interface apropriada.

De forma semelhante, o inimigo já deverá ter sido estudado pelo oficial de inteligência e suas possibilidades deverão também fazer parte dos dados de entrada do sistema.

## **3. EDETOPADA**

Para decidir sobre uma LA que se enquadre nos critérios da missão, é necessário que se examine os itens do EDETOPADA que é um mnemônico de **Extensão**, **Domínio** de vistas e fogos, **Espaço** para manobra, **Tomada** de dispositivo, **Orientação** para o objetivo, **Progressão** de CC/Inf, **Aproximação** de meios, **Deslocamento** das armas de apoio e **Apoio** de fogo.

Para isso, são necessárias alguns cálculos básicos que servirão para determinação dos diversos itens do EDETOPADA, descritos a seguir.

### **3.1. Extensão e Orientação para o objetivo**

É uma funcionalidade que visa colher dados de um caminho específico incluindo a extensão e a orientação para o objetivo, escolhendo ACs desde a praia de desembarque até o objetivo.

Para cada AC que pertence ao caminho escolhido, calcula-se a extensão do mesmo ao AC anterior, desde a praia até o objetivo, adicionando-se as extensões parciais, resultando na extensão total do percurso. Além disso, calcula os ângulos de afastamento do eixo desembarque-objetivo para cada AC.

### **3.2. Visibilidade**

O cálculo de visibilidade determina os pontos que são visíveis a partir de um ponto qualquer no terreno [4]. Esse ponto pode ser qualquer coordenada do mapa, incluindo até um AC existente. Para exibir os pontos visíveis é criada uma “mancha” sobre a AOp. Pontos pintados denotam portanto, pontos visíveis. A Figura 1 mostra um exemplo de visibilidade sobre um determinado AC.

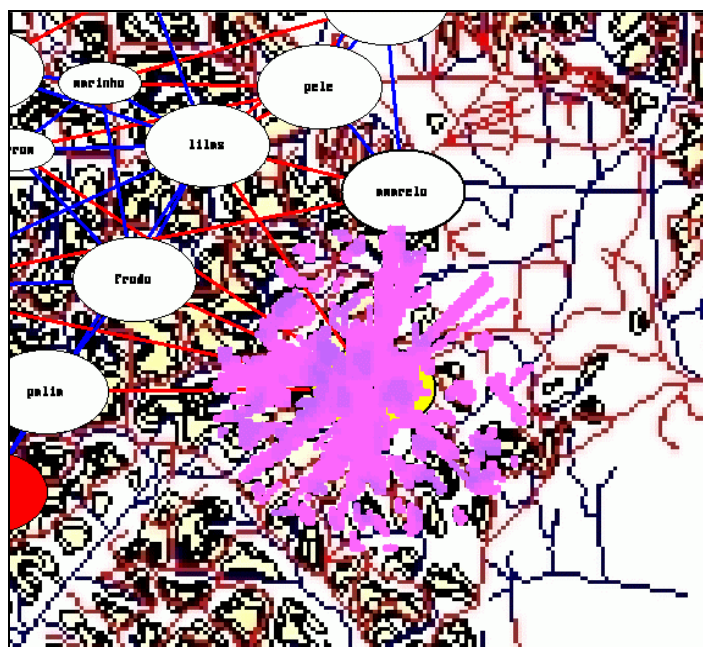


Figura 1: Visibilidade em cima de um AC.

O cálculo é feito traçando-se virtualmente um círculo com raio de 4 Km, ou seja, o alcance de visibilidade em dia claro e sem chuva, com centro no ponto determinado. Assim, para cada ponto pertencente à borda desse círculo virtual, verifica-se se estes pontos são visíveis a partir do centro, ou seja, se não existem obstruções visuais devido ao terreno entre esses pontos.

As regiões em tons de lilás denotam regiões em um nível mais baixo do que o nível de altura do centro do círculo. Quanto mais lilás, mais baixo do nível do centro aquele ponto está.

### 3.3. Observação e Campo de Tiro

Os itens observação e campo de tiro foram implementados de forma integrada e sempre em relação a dois ACs. O algoritmo calcula o percentual de domínio de vista e fogos de um AC em relação ao outro, além do o ângulo existente entre eles.

Nas Figuras 2a e 2b são mostrados uns exemplos tanto de interface quanto de relatório gerado para um dado par de ACs:



Figura 2a: Observação e campo de tiro.

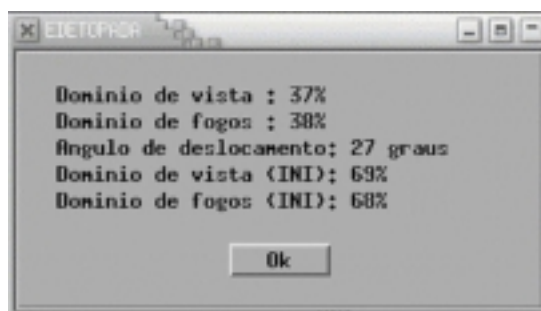


Figura 2b: Relatório com dados adicionais.

O cálculo é feito traçando-se uma linha reta virtual cujas extremidades contém os AC escolhidos para a avaliação de domínio de vistas e de fogos e então calcula-se o ângulo desta reta em relação ao eixo desembarque-objetivo. Para calcular o domínio de vista e fogos usa-se o algoritmo de visibilidade utilizado à cima. A diferença é que no domínio de fogos usa-se o alcance do armamento e não o de alcance visual. São considerados tanto os tiros diretos quanto os tiros curvos.

### 3.4. Trafegabilidade e Espaço para a manobra

A trafegabilidade e o espaço para a manobra são calculados juntos e em função sempre de dois pontos pertencentes a AOp. O algoritmo considera portanto, se há ou não trafegabilidade e o respectivo espaço para a manobra exibindo o seguinte relatório mostrado na Figura 3:

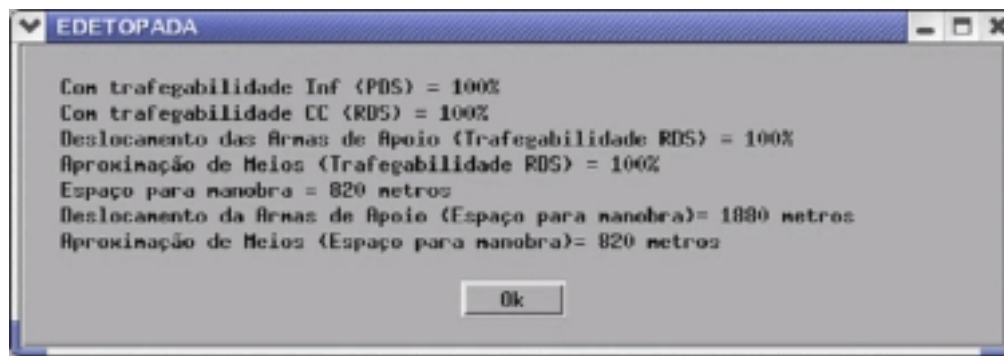


Figura 3: Resultados de trafegabilidade e espaço para manobra.

O algoritmo envolvido aqui considera sempre que existem dois pontos no terreno, podendo ser ou não AC, nos quais desejamos saber se há trafegabilidade e o espaço para a manobra entre eles. Então o algoritmo considera inicialmente a largura de manobra de um batalhão e começa a avaliar pontos intermediários entre os dois pontos. Em função dos obstáculos de terreno naturais envolvidos na AOp, como rios e elevações, vão-se definindo larguras intermediárias possivelmente menores até se atingir o segundo ponto. A menor largura obtida ao chegar no segundo ponto é, portanto, o real espaço para manobra. Para a trafegabilidade é também analisada a presença de rios, elevações, pontes, etc. Dependendo do obstáculo que cruza o caminho que liga os dois pontos, são dadas mais informações a cerca da trafegabilidade [5].

### 3.5. Apoio de Fogo

No Apoio de Fogo (ApF) consideram-se sempre duas VAs, que são divididas e amostradas de forma equidistantes em um número pré-definido. Para exemplificar, vamos considerar que são amostrados 10 pontos ao longo das duas VAs, ou seja, é feita a comparação dos 5 pontos de uma VA com os outros 5 pontos da outra VA. Assim, somente um dos casos ilustrados na Tabela 1 poderão acontecer na comparação, onde  $A(z)$  é altura do ponto A em metros e  $B(z)$  a altura do ponto B em metros.

Se existir alguma obstrução entre os pontos (elevações, por exemplo), digamos A e B, então eles serão considerados como livres de ApF e serão pintados de **verde**, tanto A quanto B. A distância de 1800 metros é tomada como base de avaliação pois



O grafo mostrado na Figura 4 exemplifica o uso da Ferramenta de Apoio a Decisão na região de Itaoca, ES. Como estão presentes na AOp dois grupos de desembarque distintos, cada qual com o seu respectivo objetivo, ou seja, zonas de ação independentes, é necessário efetuar o corte do grafo.

O corte do grafo é o meio computacional de se dividir os devidos ACs entre os grupos de desembarque presentes na AOp. Assim, arestas que levam a ACs que não pertencem aquele grupo de desembarque, recebem portanto, a cor vermelha. As demais arestas que têm livre acesso são pintadas em azuis. Isso faz com que as medidas de coordenação e controle de um grupo de desembarque não interfira na zona de ação do outro.

As duas LAs escolhidas para o exemplo utilizam os seguintes ACs:

- 1) preto => amarelo => pipo => novo
- 2) preto => amarelo => pele => novo

Os seus respectivos resultados são mostrados na tabela 2. Os sinais de “+” denotam resultados mais favoráveis em relação à outra LA, que necessariamente recebeu atribuição “-”. Os valores absolutos foram omitidos.

<b>Itens do EDETOPADA</b>	<b>LA 1</b>	<b>LA 2</b>
Extensão (metros)	+	-
Domínio de vistas e fogos	=	=
Espaço para manobra	-	+
Tomada do dispositivo	-	+
Orientação para o objetivo (em graus)	+	-
Progressão CC/Inf (Traféabilidade)	-	+
Aproximação de meios	-	+
Deslocamento das armas de apoio	=	=
Apoio de Fogo:	-	+

Tabela 2: Comparação entre duas LA: “+” melhor, “=” igual e “-” pior.

Seguindo critérios básicos, podemos concluir que a LA 2 oferece maior facilidades na tomada do dispositivo, trafegabilidade, espaço para manobra e no ApF, enquanto a LA 1 oferece uma menor distância e uma menor desvio na orientação para o objetivo.

Cabe agora ao oficial determinar, baseado nos objetivos e parâmetros da sua missão para escolher quais os critérios mais relevantes para então, efetivamente, escolher a melhor LA.

## 5. Conclusões

Conforme dito anteriormente, a Ferramenta de Apoio a Decisão é um instrumento de avaliação de métricas militares. Ela permite examinar uma dada situação em uma AOp, avaliando características e valores para fins de comparação. Cabe ao Oficial-Aluno decidir os critérios e então escolher o melhor caminho para os seus grupos de desembarque [7].

Note que a Ferramenta de Apoio a Decisão é uma aplicação que pode ser usada de várias formas. Por exemplo, poderíamos usá-la para treinar Oficiais-Alunos de modo a mostrar, de forma visual e quantitativa, se o planejamento deles não está coerente ou



se está adequado e exequível. Ou ainda, poderíamos também utilizar a Ferramenta de Apoio a Decisão à disposição dos Instrutores a fim de explorar a parte gráfica da aplicação e basear suas aulas em cima de simulações feitas sobre a AOp.

No Brasil, existe uma certa carência em relação a aplicações voltadas para o treinamento e ensino como a mostrada neste trabalho. Como o ensino e o treinamento prático exigem investimentos financeiros altos e consomem muito tempo com preparação e outros detalhes administrativos que, no geral, não contribuem diretamente com a formação do Oficial-Aluno. Com isso, um número cada vez maior de aplicações de avaliação, treinamento e simulação vêm sendo utilizadas, tanto para o ensino como para aprimoramento de doutrinas militares. A exemplo disso, essa ferramenta vem sendo testada e utilizada pelos Instrutores e Oficiais-Alunos no Curso de Aperfeiçoamento dos Oficiais (CAO) do Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo (CIASC).

### **Agradecimentos**

Gostaríamos de agradecer ao Corpo de Fuzileiros Navais do Centro de Instrução Sylvio de Camargo pelas contribuições a este trabalho e aos seus esforços no desenvolvimento no “Sistema de Jogos Didáticos” [8].

### **Bibliografia**

- [1] Seixas, R.B.; Lauro, A.; “[A Decision-Making Tool to Military Planning Process Based in Dynamic-Cost Matrices](#)”, *Proceedings of Advanced Simulation Technologies Conference - ASTC, in Military, Government, and Aerospace Simulation*, pp. 70-75, 2003.
- [2] Seixas, R.B.; Sá, A. M.; Lauro, A.; “[Modelagem de Ferramenta de Apoio a Decisão Baseada em Grafos](#)”, *IV Simpósio de Pesquisa Operacional e V Simpósio de Logística da Marinha - SPOLM*, 2001.
- [3] Seixas, R.B.; Figueiredo, L.H.; Silva, C.A.; Carvalho, P.C.P, “[Uma Metodologia para Geração de Modelos de Elevação a partir de Curvas de Nível](#)”, *II Workshop Brasileiro de GeoInformática - GEOINFO 2000*, pp. 82-87, 2000.
- [4] Seixas, R.B.; Mediano, M.; Gattass, M., “[Efficient Line-of-Sight Algorithms for Real Terrain Data](#)”, *III Simpósio de Pesquisa Operacional e IV Simpósio de Logística da Marinha - SPOLM'99*, 1999.
- [5] CGCFN-1302; “Manual de Instrução de Planejamento da Força de Desembarque”; *Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais*; Marinha do Brasil; 1993.
- [6] CGCFN-1103; “Manual do Combatente Anfíbio”; *Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais*; Marinha do Brasil; 1999.
- [7] CAOCFN-2000; “Mementos”; *Curso de Adestramento de Oficiais do Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo*; Marinha do Brasil; 2000.
- [8] SJD-2; “Sistema de Jogos Didáticos”; *Centro de Jogos Didáticos do Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo*; Marinha do Brasil; 2000. (<http://www.impa.br/~tron/sjd/>)